

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. März 2004 (04.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/018860 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F02D 41/22,
41/20, F02M 51/06, H01L 41/04

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002172

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Juni 2003 (30.06.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 36 819.8 10. August 2002 (10.08.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KNICKER, Rainer
[DE/DE]; Mahatma-Ghandi-Str. 10, 70376 Stuttgart
(DE). SCHULZ, Udo [DE/DE]; Kornblumenweg 34,
71665 Vaihingen/Enz (DE). HUBER, Andreas [DE/DE];
August-Scholl-Str. 2, 71711 Steinheim (DE). RUEGER,
Johannes-Joerg [DE/AT]; Trauttmansdorffgasse 10/1,
A-1130 Wien (AT).

(74) Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

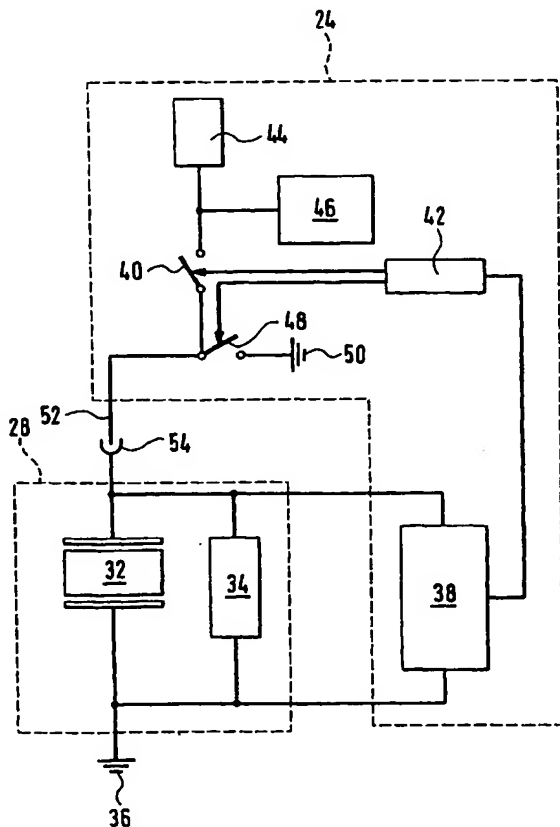
(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OPERATING AN ACTUATOR WITH A CAPACITIVE ELEMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN EINES AKTORS MIT EINEM KAPAZITIVEN
ELEMENT



(57) Abstract: The invention relates to an actuator comprising a ca-
pacitive element to which an ohmic resistance is connected in paral-
lel. The value of the ohmic resistance is detected at given moments.
In order to enhance operational reliability when operating said actu-
ator, correct functioning of the ohmic resistance is monitored and an
error signal is emitted if a malfunction is detected.

(57) Zusammenfassung: Ein Steller umfasst ein kapazitives Ele-
ment, zu dem parallel ein ohmscher Widerstand geschaltet ist. Zu
bestimmten Zeitpunkten wird der Wert des ohmschen Widerstands
erfasst. Um die Betriebssicherheit beim Betrieb des Stellers zu er-
höhen, wird die korrekte Funktion des ohmschen Widerstands über-
wacht und bei einer erkannten Fehlfunktion ein Fehlersignal ausge-
geben.



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN EINES AKTORS MIT EINEM KAPAZITIVEN ELEMENT

5

10

15

Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zum Betreiben eines Aktors mit einem kapazitiven Element, wobei parallel zu dem kapazitiven Element ein ohmscher Widerstand
20 geschaltet ist und wobei zu bestimmten Zeitpunkten der Wert des ohmschen Widerstands erfasst wird.

Stand der Technik

25 Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus der DE 199 58 406 A1 bekannt. Dort wird ein Piezoaktor beschrieben, welcher bspw. bei einem Kraftstoffeinspritzventil zum Einsatz kommt. Der Piezoaktor verhält sich elektrisch ähnlich wie ein kapazitives Element und wird daher häufig
30 selbst als kapazitives Element bezeichnet. Je nach Ladezustand des kapazitiven Elements ist dieses länger oder kürzer. Die Längenänderung des kapazitiven Elements wird auf ein Ventilelement des Kraftstoffeinspritzventils übertragen.

35

Bei einer Unterbrechung der Ansteuerung des kapazitiven Elements oder einer Fehlfunktion eines der Bauteile kann der Fall eintreten, dass der kapazitive Steller ständig in einer bestimmten Position verbleibt, da er nicht mehr
5 entladen werden kann. Dies könnte beim Einsatz in einem Kraftstoffeinspritzventil bspw. dazu führen, dass dieses für einen längeren Zeitraum in der offenen Stellung verbleibt und ständig Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Dies kann schwere
10 Schäden an der Brennkraftmaschine zur Folge haben.

Um einen solchen Fall zu vermeiden, ist der ohmsche Widerstand vorgesehen. Dieser ermöglicht eine Entladung des kapazitiven Elements auch dann, wenn die eigentliche
15 Steuerleitung (bspw. durch Kabelbruch oder einen Kontaktfehler) unterbrochen ist. Der Wert des ohmschen Widerstands ist dabei so dimensioniert, dass die Zeitkonstante, die sich aus dem kapazitiven Element und dem ohmschen Widerstand ergibt, so groß ist, dass innerhalb der
20 üblichen Ansteuerdauer, die für eine fehlerfreie Einspritzung üblich ist, keine signifikante Entladung des kapazitiven Elements auftritt. Andererseits ist die Zeitkonstante so bemessen, dass innerhalb der Zeit, die maximal zur Verfügung steht, bis das Ventil sicher
25 geschlossen sein muss, um die Brennkraftmaschine nicht zu beschädigen, das kapazitive Element ausreichend entladen ist.

Die DE 199 58 406 A1 schlägt vor, zu bestimmten Zeitpunkten
30 den Wert des ohmschen Widerstands zu erfassen, und hiervon ausgehend auf die Art und/oder die Temperatur des kapazitiven Elements zu schließen. Hierdurch kann die Temperaturabhängigkeit des kapazitiven Elements ausgeglichen werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Betriebssicherheit bei der Benutzung eines kapazitiven Elements zu erhöhen.

- 5 Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die korrekte Funktion des ohmschen Widerstands überwacht und bei einer erkannten Fehlfunktion ein Fehlersignal ausgegeben wird.

10 Vorteile der Erfindung

- Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die Funktionsfähigkeit des eine Sicherheitseinrichtung darstellenden ohmschen Widerstands überwacht. Somit können
- 15 Zustände erkannt werden, in denen diese Sicherheitseinrichtung den ihr zugedachten Zweck nicht mehr erfüllen kann. Dies ermöglicht es wiederum, rechtzeitig bspw. einen Wartungsbetrieb aufzusuchen, der die Sicherheitseinrichtung, also den ohmschen Widerstand
- 20 repariert und so die Betriebssicherheit bspw. einer Brennkraftmaschine wiederherstellt.

Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Unteransprüchen angegeben.

25

- In einer ersten Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass der Wert des ohmschen Widerstands erfasst und mit einem Grenzwert verglichen wird. Ein entsprechendes Verfahren zur Erfassung des Werts des ohmschen Widerstands ist in der DE
- 30 199 58 406 A1 beschrieben, auf deren Offenbarung hiermit ausdrücklich Bezug genommen wird. Die Erfassung des Werts des ohmschen Widerstands und der Vergleich des erfassten Werts mit einem Grenzwert ist eine sehr einfache und zuverlässige Möglichkeit, die Funktionsfähigkeit des
- 35 ohmschen Widerstands zu überprüfen. Verliert der ohmsche

Widerstand nämlich bspw. aufgrund einer schlechten Lötstelle den Kontakt mit dem kapazitiven Element, steigt der Wert des ohmschen Widerstandes stark an. Dies kann durch den beanspruchten Vergleich mit einem Grenzwert eindeutig erkannt werden. Möglich ist auch, dass überwacht
5 wird, ob sich der Wert des ohmschen Widerstands innerhalb eines Toleranzbandes befindet.

In Weiterbildung hierzu wird vorgeschlagen, dass der Wert
10 des ohmschen Widerstands während einer Startphase eines Steuergeräts, mit dem das kapazitive Element angesteuert wird, und/oder während einer Nachlaufphase des Steuergeräts, wenn dieses abgeschaltet wird, erfasst wird. Die oben angesprochene Erfassung des Werts des ohmschen
15 Widerstands ist nicht in jedem Falle während des Normalbetriebs des kapazitiven Elements möglich. Zur Erfassung des Wertes des ohmschen Widerstands kann nämlich (entsprechend dem in der DE 199 58 406 A1 angegebenen Verfahren) ein Laden des kapazitiven Elements auf eine
20 bestimmte Spannung und eine Erfassung der Entladekurve durch den ohmschen Widerstand erforderlich sein. Dabei muss auf eine ausreichend große Spannung geachtet werden, da bei zu kleinen Spannungen der Fehler zu groß wird. Dies ist im Normalbetrieb des kapazitiven Elements nicht realisierbar.

25 Meist gibt es jedoch vor dem eigentlichen Betrieb des kapazitiven Elements eine Startphase des Steuergeräts, welches das kapazitive Element ansteuert. Während dieser Startphase des Steuergeräts läuft bspw. ein Selbsttest und
30 es werden bestimmte Anfangswerte eingestellt. Gleiches gilt auch für die Nachlaufphase des Steuergeräts, die üblicherweise zu einem kontrollierten Abschalten des kapazitiven Elements und der Einrichtung, in der das kapazitive Element eingesetzt wird, erforderlich ist.
35 Während dieser Phasen wird das kapazitive Element noch

nicht bestimmungsgemäß genutzt, so dass hier ein Laden und Entladen zu Prüzzwecken nicht stört.

Vorgeschlagen wird ferner, dass das kapazitive Element in
5 einem Injektor einer Brennkraftmaschine eingesetzt und der Wert des ohmschen Widerstands während eines Schubbetriebs der Brennkraftmaschine erfasst wird. Während eines Schubbetriebs der Brennkraftmaschine wird üblicherweise kein Kraftstoff in die Brennkraftmaschine eingespritzt. Es
10 ist daher sinnvoll, diesen Betriebszustand zur Erfassung des Werts des ohmschen Widerstands zu verwenden.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auch vorgeschlagen, dass
15 die korrekte Funktion des kapazitiven Elements überwacht wird. Ein entsprechendes Verfahren hierzu ist in der EP 1 138 905 A1 angegeben. Auf deren Offenbarung wird hiermit ebenfalls ausdrücklich Bezug genommen. Bei diesem erfindungsgemäßen Verfahren wird also einerseits die
20 korrekte Funktion des kapazitiven Elements überwacht, d. h., es wird festgestellt, ob die Ansteuerung vom Steuergerät zum kapazitiven Element in Ordnung ist (Kabelbruch, loser Stecker etc.), und es wird andererseits die korrekte Funktion des ohmschen Widerstands, also der
25 Sicherheitseinrichtung des kapazitiven Elements, überwacht. Bei dieser Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird also ein sehr hohes Sicherheitsniveau erreicht.

Dabei wird in Weiterbildung vorgeschlagen, dass dann, wenn
30 festgestellt wird, dass der ohmsche Widerstand korrekt und das kapazitive Element nicht korrekt arbeitet, oder wenn festgestellt wird, dass das kapazitive Element korrekt und der ohmsche Widerstand nicht korrekt arbeitet, ein erstes Fehlersignal ausgegeben wird. Dem Benutzer des kapazitiven
35 Elements wird auf diese Weise eine konkrete Information

über diese spezifische Fehlfunktion gegeben. Er kann somit entsprechend reagieren, bspw. einen Wartungsbetrieb aufsuchen.

- 5 Dabei wird auch vorgeschlagen, dass das kapazitive Element in einem Injektor einer Brennkraftmaschine eingesetzt wird, und dass das erste Fehlersignal eine Reduktion des maximal zulässigen Drehmoments der Brennkraftmaschine bewirkt. Somit wird die Brennkraftmaschine in einen
- 10 "Sicherheitszustand" versetzt, in dem sie zwar weiter betrieben werden kann, jedoch nur so, dass keine bleibenden Schäden an der Brennkraftmaschine entstehen.

- Dabei wird besonders bevorzugt, dass dann, wenn
- 15 festgestellt wird, dass einerseits der ohmsche Widerstand und andererseits das kapazitive Element nicht korrekt arbeiten, ein zweites Fehlersignal ausgegeben wird. Hierdurch wird eine gestufte Fehlermeldung geschaffen, die den Benutzer nicht nur über das Vorhandensein einer
- 20 Fehlfunktion, sondern auch über die Art und die Schwere der Fehlfunktion informiert. Der Benutzer kann somit besonders gut und gezielt auf die gemeldeten Fehlfunktionen reagieren. Dabei versteht sich, dass durch das zweite Fehlersignal eine schwerwiegendere Fehlfunktion als durch
- 25 erste Fehlersignal angezeigt wird. Wenn nämlich einerseits der ohmsche Widerstand und andererseits das kapazitive Element nicht korrekt arbeiten, bedeutet dies, dass die Gefahr für einen Schaden der mit dem kapazitiven Element betriebenen Vorrichtung besonders hoch ist.

30

Wenn das kapazitive Element in einem Injektor einer Brennkraftmaschine eingesetzt wird, sollte das zweite Fehlersignal eine Abschaltung des betroffenen Zylinders, eine Reduktion des Kraftstoffdrucks und/oder eine

- 35 Stilllegung der Brennkraftmaschine bewirken. Diese

Maßnahmen reduzieren das Risiko bleibender Schäden an der Brennkraftmaschine oder schließen ein solches Risiko sogar gänzlich aus.

- 5 Vorteilhaft ist auch, wenn das erste und/oder das zweite Fehlersignal einen Eintrag in einen Fehlerspeicher und/oder das Auslösen eines spezifischen Alarmsignals bewirken bzw. bewirkt. Hierdurch wird die Diagnose im Wartungsbetrieb und eine angemessene Reaktion durch den Benutzer erleichtert.

10

Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm, welches zur Durchführung des obigen Verfahrens geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird. Dabei wird besonders bevorzugt, wenn es auf einem Speicher, insbesondere auf

- 15 einem Flash-Memory, abgespeichert ist.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Steuer- und/oder Regelgerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Bei einem solchen Steuer- und/oder Regelgerät wird besonders
20 bevorzugt, wenn es einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm der obigen Art abgespeichert ist.

Ferner ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung eine Brennkraftmaschine mit einem Brennraum, mit mindestens
25 einem Injektor, welcher als Aktor ein kapazitives Element umfasst, und welcher einen parallel zu diesem geschalteten ohmschen Widerstand umfasst. Um die Betriebssicherheit der Brennkraftmaschine zu erhöhen, wird vorgeschlagen, dass sie ein Steuer- und/oder Regelgerät der obigen Art umfasst.

30

Zeichnung

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung im
35 Detail erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einem Injektor, welcher einen Piezoaktor umfasst;

Figur 2 eine Detaillierung des Piezoaktors von Fig. 1 und eines Steuergeräts zu dessen Ansteuerung;

Figur 3 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betreiben des Piezoaktors von Fig. 1; und

Figur 4 ein Ablaufdiagramm eines weiteren Verfahrens zum Betreiben des Piezoaktors von Fig. 1.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Fig. 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst einen Brennraum 12, in den Frischluft über ein Einlassventil 14 und ein Ansaugrohr 16 eingebracht wird. Über ein Auslassventil 18 und ein Abgasrohr 20 werden die heißen Verbrennungsabgase aus dem Brennraum 12 abgeführt.

Der Kraftstoff wird in den Brennraum 12 direkt durch einen Injektor 22 eingebracht, der von einem Steuergerät 24 angesteuert wird und den Kraftstoff unter hohem Druck von einem Kraftstoffsystem 26 erhält. Der Injektor 22 umfasst eine in Fig. 1 nicht dargestellte Ventilnadel, welche von einem Piezoaktor 28 betätigt wird. Das im Brennraum 12 nach einer Einspritzung vorhandene Kraftstoff/Luft-Gemisch wird von einer Zündkerze 30 entzündet (dabei sei darauf hingewiesen, dass der Einsatz des Injektors 22 nicht auf Benzin-Brennkraftmaschinen beschränkt ist, sondern auch bei Diesel-Brennkraftmaschinen erfolgen kann).

Wie aus Fig. 2 ersichtlich ist, umfasst der Piezoaktor 28 einen Mehrschicht-Piezosteller 32, dessen Länge von seinem elektrischen Ladezustand abhängt. Da ein solcher Mehrschicht-Piezosteller ähnliche elektrische Eigenschaften aufweist wie ein kapazitives Element, wird kann er auch selbst als kapazitives Element bezeichnet werden. Parallel zu dem Mehrschicht-Piezosteller 32 ist ein ohmscher Widerstand 34 geschaltet. Der Mehrschicht-Piezosteller 32 und der ohmsche Widerstand 34 ergeben so ein RC-Glied.

10

Beispielsweise über einen nicht dargestellten hydraulischen Koppler kann der Piezoaktor 28 mit der Ventilnadel des Injektors 22 verbunden sein und je nach am Mehrschicht-Piezosteller 32 anliegender Spannung die Position der Ventilnadel beeinflussen. In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel betätigt der Piezoaktor ein hydraulisches Steuerventil, welches durch eine Druckänderung in einem Steuerraum eine Bewegung der Ventilnadel veranlasst.

20

Der Mehrschicht-Piezosteller 32 und der ohmsche Widerstand 34 sind über ihren einen Anschluss zum einen geerdet (Bezugszeichen 36) und zum anderen mit einem Auswerteblock 38 verschaltet, der Teil des Steuer- und Regelgeräts 24 ist und auf den weiter unten stärker im Detail eingegangen werden wird. Mit ihrem anderen Anschluss sind der Mehrschicht-Piezosteller 32 und der ohmsche Widerstand 34 einerseits ebenfalls mit dem Auswerteblock 38 verbunden und andererseits an einen Endstufenschalter 40 angeschlossen. Wie weiter unten ebenfalls im Detail ausgeführt werden wird, ist es aufgrund der Anschlussweise des Auswerteblocks 38 möglich, durch diesen den Spannungsabfall zu erfassen, welcher über dem RC-Glied 32, 34 eintritt.

35 Der Endstufenschalter 40 wird von einem Steuerblock 42

angesteuert, welcher unterschiedliche Eingangssignale erhält und verarbeitet, unter anderem auch vom Auswerteblock 38. Über den Endstufenschalter 40 können der Mehrschicht-Piezosteller 32 und der ohmsche Widerstand 34 mit einer Energieversorgung 44 verbunden werden. Zwischen Endstufenschalter 40 und Energieversorgung 44 ist noch eine Überwachungseinrichtung 46 angeordnet, auf deren genaue Funktion ebenfalls weiter unten im Detail eingegangen werden wird.

10

Vom Steuerblock 42 wird noch ein weiterer Endstufenschalter 48 angesteuert, welcher den anderen Anschluss des kapazitiven Elements 32 und des ohmschen Widerstands 34 erden kann (Bezugszeichen 50). Die Verbindung des Piezoaktors 28 mit dem Steuer- und Regelgerät 24 erfolgt über eine Leitung 52 und einen Stecker 54.

15

Im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine 10 arbeitet der Injektor 22 mit dem Mehrschicht-Piezosteller 32 folgendermaßen: Wenn vom Injektor 22 Kraftstoff in den Brennraum 12 der Brennkraftmaschine 10 eingespritzt werden soll, wird der erste Endstufenschalter 40 vom Steuerblock 42 geschlossen und der zweite Endstufenschalter 48 geöffnet. Somit wird der Mehrschicht-Piezosteller 32 mit der Energieversorgung 44 verbunden. Die nun am kapazitiven Element 32 anliegende Spannung bewirkt eine Verlängerung des kapazitiven Elements, welche, wie oben bereits angedeutet wurde, dazu führt, dass die Ventilnadel des Injektors 22 von einem entsprechenden Ventilsitz abhebt und den Weg für den Kraftstoff von der Kraftstoffversorgung 26 in den Brennraum 12 freigibt.

20

25

30

Wenn die Einspritzung des Kraftstoffs in den Brennraum 12 beendet werden soll, wird der Endstufenschalter 48 vom Steuerblock 42 geschlossen (der Endstufenschalter 40 wurde

35

bereits unmittelbar nach dem Ende des Ladevorgangs wieder geöffnet). Somit sind beide Anschlüsse des Mehrschicht-Piezostellers 32 geerdet (Bezugszeichen 36 und Bezugszeichen 50), so dass sich der Mehrschicht-

5 Piezosteller 32 wieder entlädt und entsprechend verkürzt. Hierdurch kommt die Ventilnadel des Injektors 22 wieder in Anlage an den entsprechenden Ventilsitz, so dass die Verbindung zwischen Kraftstoffsystem 26 und Brennraum 12 wieder unterbrochen wird.

10

Der sichere Betrieb des kapazitiven Elements 32 ist für die Betriebssicherheit der Brennkraftmaschine insgesamt sehr wichtig. Ohne entsprechende Gegenmaßnahmen könnte es sein, dass, bspw. bei einem Bruch des Kabels 52 oder bei einem
15 lockeren Stecker 54, der Mehrschicht-Piezosteller 32 nicht mehr mit dem Steuer- und Regelgerät 24 verbunden ist und daher nicht mehr angesteuert werden kann. Wird die Verbindung zwischen dem Mehrschicht-Piezosteller 32 und dem Steuer- und Regelgerät 24 unterbrochen, während der
20 Mehrschicht-Piezosteller 32 geladen ist, während also eine Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum 12 der Brennkraftmaschine 10 erfolgt, könnte, ohne entsprechende Gegenmaßnahmen, diese Einspritzung nicht mehr beendet werden. Dies könnte zu schweren Schäden an der
25 Brennkraftmaschine 10 führen.

Um dies zu verhindern, ist parallel zu dem Mehrschicht-Piezosteller 32 der ohmsche Widerstand 34 geschaltet. Dieser ist so dimensioniert, dass die Zeitkonstante, die
30 sich aus dem Mehrschicht-Piezosteller 32 und dem ohmschen Widerstand 34, welche ein RC-Glied bilden, ergibt, so groß ist, dass innerhalb der üblichen Ansteuerdauer, die für eine fehlerfreie Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum 12 erforderlich und üblich ist, keine
35 signifikante Entladung des kapazitiven Elements 32

auftritt. Andererseits ist die Zeitkonstante so bemessen, dass innerhalb der Zeit, die maximal zur Verfügung steht, bis der Injektor 22 sicher geschlossen sein muss, um die Brennkraftmaschine 10 nicht zu beschädigen, der

5 Mehrschicht-Piezosteller 32 ausreichend entladen ist. Bei entsprechender Dimensionierung wirkt der ohmsche Widerstand 34 daher als sog. "Ableitwiderstand".

Kommt es also bei geöffnetem Injektor 22 zu einem Bruch der
10 Leitung 52 oder einem Lösen des Steckers 54, wird der Mehrschicht-Piezosteller 32 durch den ohmschen Widerstand 34 entladen und so der Injektor 22 wieder geschlossen. Beim ohmschen Widerstand 34 handelt es sich also um eine wichtige Sicherheitseinrichtung des Injektors 22. Durch die
15 Kenntnis der Funktionsfähigkeit dieser Sicherheitseinrichtung kann somit die Betriebssicherheit insgesamt der Brennkraftmaschine 10 erhöht werden. Die Funktionsfähigkeit des ohmschen Widerstands 34 wird während eines Schubbetriebs der Brennkraftmaschine, während des
20 Hochlaufs und während des Nachlaufs des Steuer- und Regelgeräts 24 folgendermaßen festgestellt (vgl. Fig. 3):

Das in Fig. 3 dargestellte Verfahren beginnt mit einem Startblock 56. Nach diesem wird im Block 58 der
25 Mehrschicht-Piezosteller 32 auf eine definierte Spannung U aufgeladen. Gleichzeitig wird ein Zeitzähler t mit 0 gesetzt. Die anschließende Abfrage im Block 60 überprüft, ob der Wert des Zeitzählers t größer als oder gleich wie eine Zeitschwelle t_1 ist. Ist dies nicht der Fall, so wird
30 in 62 der Zeitzähler erhöht und es erfolgt erneut die Abfrage im Block 60. Ist der Zeitzähler t größer als oder gleich wie die Zeitschwelle t_1 , so wird im Block 64 die Spannung U_1 zu diesem Zeitpunkt t_1 gemessen.

35 Im nachfolgenden Schritt 66 erfolgt die Abfrage, ob der

Inhalt des Zeitzählers t größer oder gleich einer zweiten Zeitschwelle t_2 ist. Ist dies nicht der Fall, so wird im Block 68 der Zeitzähler erhöht. Ist dies der Fall, so wird im Block 70 der Wert U_2 der Spannung zum Zeitpunkt t_2 ermittelt.

Bei dem RC-Glied, welches durch den Mehrschicht-Piezosteller 32 und den ohmschen Widerstand 34 gebildet wird, fällt die Spannung gemäß einer Exponentialfunktion mit der Zeit ab, wobei die Exponentialfunktion im Wesentlichen durch eine Zeitkonstante bestimmt wird. Durch Messen der Spannung U_1 zum Zeitpunkt t_1 und der Spannung U_2 zum Zeitpunkt t_2 kann die Zeitkonstante und damit bei bekannter Kapazität des kapazitiven Elements 32 der Wert R des ohmschen Widerstands 34 bestimmt werden. Diese Berechnung des Wertes R erfolgt im Block 72.

Anschließend wird im Block 74 abgefragt, ob der Wert R größer als ein Grenzwert G ist. Ist die Antwort auf die Abfrage im Block 74 "nein", bedeutet dies, dass der ohmsche Widerstand 34 korrekt arbeitet (Block 76). Ist dagegen bspw. eine Lötstelle, mit der der ohmsche Widerstand 34 mit dem Mehrschicht-Piezosteller 32 verbunden ist, defekt, steigt der Wert R des ohmschen Widerstands 34 stark an und überschreitet den Grenzwert G . In diesem Fall ist die Antwort in der Abfrage 74 "ja", und es erfolgt eine weiter unten im Detail dargestellte Verarbeitung dieses logischen Signals im Block 78. Die Überprüfung der Funktionstüchtigkeit des ohmschen Widerstands 34 endet in einem Endblock 80.

Das oben beschriebene Verfahren wird auch in der DE 199 58 406 A1 beschrieben, deren Offenbarung hiermit ausdrücklich zum Gegenstand der vorliegenden Anmeldung gemacht wird.

In Fig. 4 ist die Verarbeitung im Verarbeitungsblock 78 im Detail dargestellt. Diese beinhaltet im Wesentlichen eine Verknüpfung des logischen Ergebnisses "ja" des Abfrageblocks 74 mit den logischen Ergebnissen der Diagnose der Funktionstüchtigkeit des kapazitiven Elements 32 durch den Überwachungsblock 46 (vgl. Fig. 2). Im Block 82 wird abgefragt, ob der Mehrschicht-Piezosteller 32 funktionstüchtig ist oder nicht. Wenn ein Defekt vorliegt, wird am Ausgang des Blocks 82 ein Bit $B_2 = 1$ gesetzt. Liegt kein Defekt vor, wird am Ausgang des Blocks 82 das Bit $B_2 = 0$ gesetzt. Analog hierzu wird ein Bit B_1 am Ausgang der Abfrage 74 = 1 gesetzt, wenn der Wert R des ohmschen Widerstands 34 größer als der Grenzwert G ist, wenn also ein Defekt an dem ohmschen Widerstand 34 vorliegt. Das gleiche Bit B_1 wird zu 0, wenn der ohmsche Widerstand 34 fehlerfrei arbeitet.

Die jeweiligen Ausgänge der Abfragen 74 und 82 werden in drei logische AND-Blöcke 84, 86 und 88 eingespeist. Dabei wird der Ausgang des Abfrageblocks 74 vor der Einspeisung in den Block 84 im Block 90 invertiert, und der Ausgang des Abfrageblocks 82 wird vor der Einspeisung in den Block 86 im Block 92 invertiert. Die beiden AND-Blöcke 84 und 86 sind ausgangsseitig mit einem OR-Glied 94 verbunden, dessen Ausgang wieder mit einem OR-Glied 96 verbunden ist. Der Ausgang des AND-Blocks 88 führt direkt zu einem OR-Glied 98.

Durch die OR-Glieder 96 und 98 wird sichergestellt, dass das in Fig. 4 beschriebene Verfahren für sämtliche Zylinder 1 bis i der Brennkraftmaschine 10 durchgeführt wird. Der Ausgang des OR-Glieds 96 führt zu einem Alarmblock 100, der Ausgang des OR-Glieds 98 zu einem zweiten Alarmblock 102.

Wenn beide Bits B_1 und $B_2 = 0$ sind (kapazitives Element 32

und ohmscher Widerstand 34 arbeiten jeweils korrekt), liegt auch an den Ausgängen der AND-Blöcke 84, 86 und 88 jeweils ein Bit 0 an, so dass letztlich weder der Alarmblock 100 noch der Alarmblock 102 aktiviert wird. Wenn jedoch das Bit $B_1 = 1$ ist (ohmscher Widerstand 34 defekt) und das Bit $B_2 = 0$ ist (kapazitives Element 32 arbeitet korrekt), führt dies am Ausgang des AND-Blocks 86 zu einem Bit = 1, so dass schließlich der Alarmblock 100 aktiviert wird.

10 Gleiches gilt auch für den Fall, dass das Bit $B_1 = 0$ ist (ohmscher Widerstand 34 arbeitet korrekt), jedoch das Bit $B_2 = 1$ ist (kapazitives Element 32 defekt). In diesem Fall liegt am Ausgang des AND-Blocks 84 der logische Wert 1 an, was über das OR-Glied 94 ebenfalls letztlich zur

15 Aktivierung des Alarmblocks 100 führt. Wenn schließlich das Bit $B_1 = 1$ ist (ohmscher Widerstand 34 defekt) und das Bit $B_2 = 1$ ist (kapazitives Element 32 defekt), dann führt dies am Ausgang des AND-Blocks 88 zu einem Bit = 1, was letztlich zur Aktivierung des Alarmblocks 102 führt.

20

Durch den Alarmblock 100 wird ein Eintrag in einen Fehlerspeicher und das Aufleuchten einer Warnlampe bewirkt. Ferner wird das von der Brennkraftmaschine 10 maximal erzeugbare Drehmoment reduziert. Bei einer Aktivierung des

25 Alarmblocks 102 dagegen wird der betroffene Zylinder abgeschaltet, der Kraftstoffdruck reduziert und, ggf., die Brennkraftmaschine 10 insgesamt abgeschaltet. Das in Fig. 4 dargestellte Verfahren erlaubt also eine gestufte Reaktion je nachdem, ob entweder nur der Piezosteller 32 oder nur

30 der ohmsche Widerstand 34 oder ob gleichzeitig sowohl der Piezosteller 32 als auch der ohmsche Widerstand 34 defekt sind.

35

5

10

Ansprüche

- 15 1. Verfahren zum Betreiben eines Aktors (28) mit einem kapazitiven Element (32), wobei parallel zu dem kapazitiven Element (32) ein ohmscher Widerstand (34) geschaltet ist, und wobei zu bestimmten Zeitpunkten der Wert (R) des ohmschen Widerstands (34) erfasst wird, dadurch
- 20 gekennzeichnet, dass die korrekte Funktion des ohmschen Widerstands (34) überwacht (74) und bei einer erkannten Fehlfunktion ein Fehlersignal (100, 102) ausgegeben wird.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert (R) des ohmschen Widerstands (34) erfasst und mit einem Grenzwert (G) verglichen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert (R) des ohmschen Widerstands (34) während einer Startphase eines Steuergeräts (24), mit dem das kapazitive Element (32) angesteuert wird, und/oder während
- 30 einer Nachlaufphase des Steuergeräts (24), wenn dieses abgeschaltet wird, erfasst wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das kapazitive Element (32) in einem

Injektor (22) einer Brennkraftmaschine (10) eingesetzt und der Wert (R) des ohmschen Widerstands (34) während eines Schubbetriebs der Brennkraftmaschine (10) erfasst wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die korrekte Funktion des kapazitiven Elements (32) überwacht wird (46, 82).

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn festgestellt wird, dass der ohmsche Widerstand (34) korrekt und das kapazitive Element (32) nicht korrekt arbeiten, oder wenn festgestellt wird, dass das kapazitive Element (32) korrekt und der ohmsche Widerstand (34) nicht korrekt arbeiten, ein erstes Fehlersignal (100) ausgegeben wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das kapazitive Element (32) in einem Injektor (22) einer Brennkraftmaschine (10) eingesetzt wird, und dass das erste Fehlersignal (100) eine Reduktion des maximal zulässigen Drehmoments der Brennkraftmaschine (10) bewirkt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn festgestellt wird, dass einerseits der ohmsche Widerstand (34) und andererseits das kapazitive Element (32) nicht korrekt arbeiten, ein zweites Fehlersignal (102) ausgegeben wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das kapazitive Element (32) in einem Injektor (22) einer Brennkraftmaschine (10) eingesetzt wird, und dass das zweite Fehlersignal (102) eine Abschaltung des betroffenen Zylinders, eine Reduktion des Kraftstoffdrucks, und/oder eine Stilllegung der Brennkraftmaschine (10) bewirkt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder das zweite

Fehlersignal (100, 102) einen Eintrag in einen Fehlerspeicher und/oder das Auslösen eines Alarmsignals bewirken bzw. bewirkt.

11. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es zur
5 Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignet ist, wenn es auf einem Computer ausgeführt wird.

12. Computerprogramm nach Anspruch 11, dadurch
10 gekennzeichnet, dass es auf einem Speicher, insbesondere auf einem Flash-Memory, abgespeichert ist.

13. Steuer- und/oder Regelgerät (24) zum Betreiben eines
Stellers (28) mit einem kapazitiven Element (32), dadurch
gekennzeichnet, dass es einen Speicher umfasst, auf dem ein
Computerprogramm nach einem der Ansprüche 11 oder 12
15 abgespeichert ist.

14. Brennkraftmaschine (10), mit einem Brennraum (12), mit
mindestens einem Injektor (22), welcher einen Aktor (28)
mit einem kapazitiven Element (32) und einem parallel zu
diesem geschalteten ohmschen Widerstand (34) umfasst,
20 dadurch gekennzeichnet, dass sie ein Steuer- und/oder
Regelgerät (24) nach Anspruch 13 umfasst.

1 / 4

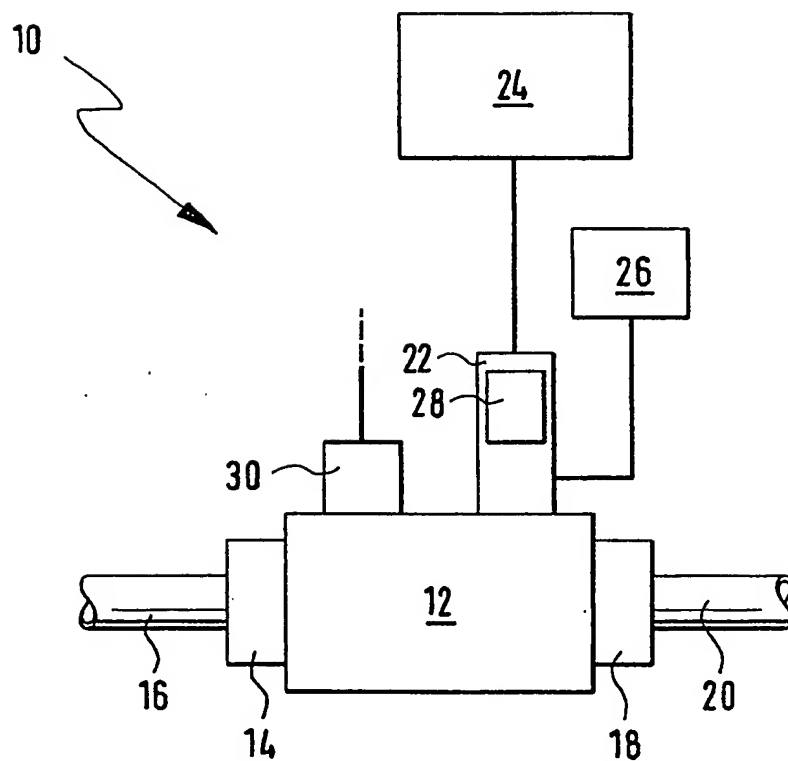


Fig. 1

2 / 4

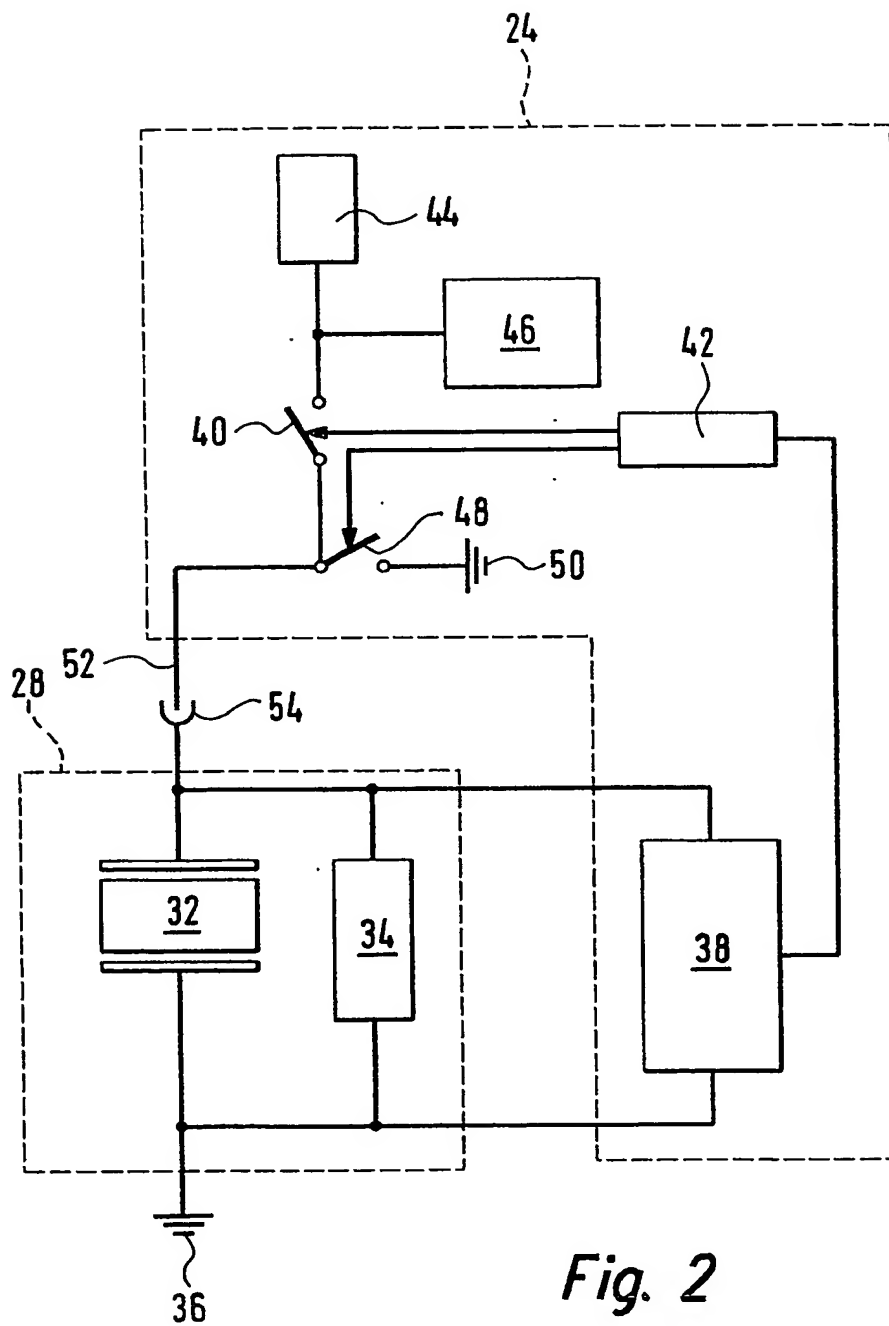
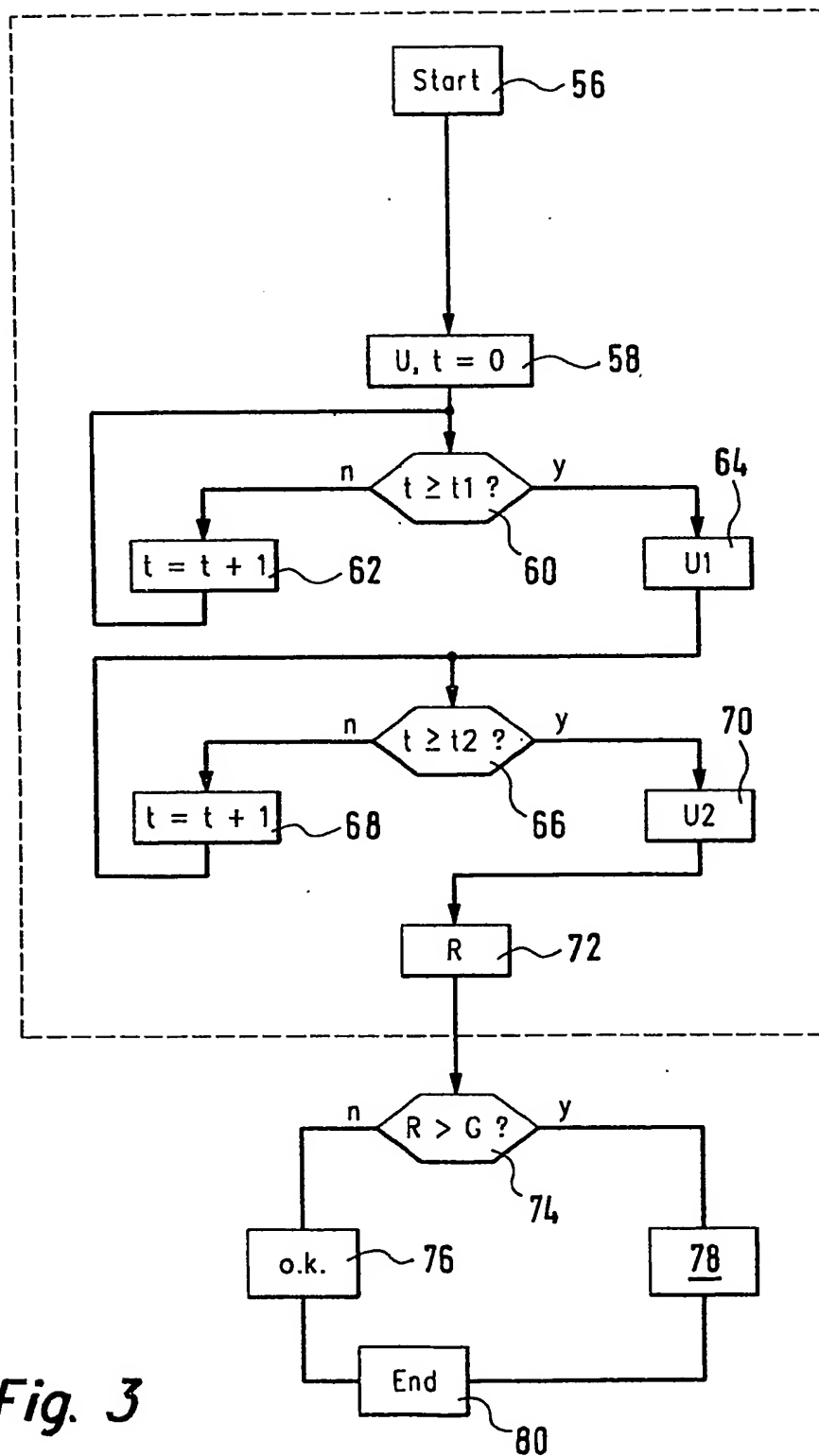
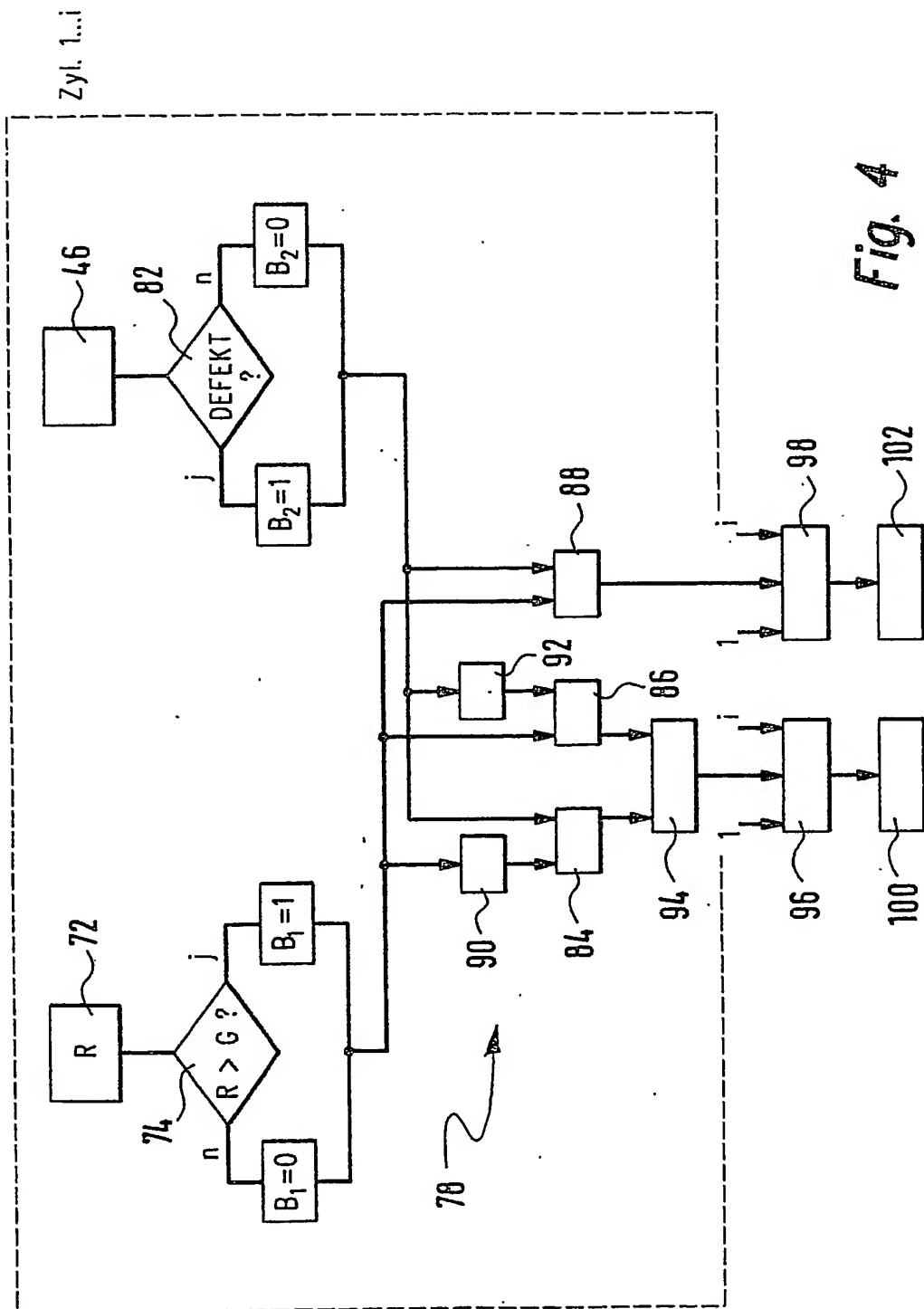


Fig. 2

3 / 4

*Fig. 3*



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/DE 03/02172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D41/22 F02D41/20 F02M51/06 H01L41/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D F02M H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X | DE 199 58 406 A (BOSCH GMBH ROBERT) 7 June 2001 (2001-06-07) cited in the application | 1-4, 11-14 |
| Y | the whole document | 5-10 |
| Y | EP 1 139 445 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) | 5-10 |
| A | abstract; figure 2 column 2, line 46 -column 6, line 16 | |
| A | EP 1 138 905 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 October 2001 (2001-10-04) cited in the application abstract; figure 3 column 1, line 35 -column 3, line 31 | 1-14 |
| | --- -/-- | |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 October 2003

Date of mailing of the international search report

27/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wettemann, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 03/02172

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A | DE 198 54 306 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8 June 2000 (2000-06-08) abstract; figure 1 | 1 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE 03/02172

| Patent document cited in search report | | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| DE 19958406 | A | 07-06-2001 | DE 19958406 A1 | 07-06-2001 |
| | | | FR 2802033 A1 | 08-06-2001 |
| | | | JP 2001193546 A | 17-07-2001 |
| | | | US 2001015577 A1 | 23-08-2001 |
| EP 1139445 | A | 04-10-2001 | EP 1139445 A1 | 04-10-2001 |
| EP 1138905 | A | 04-10-2001 | EP 1138905 A1 | 04-10-2001 |
| | | | JP 2002021676 A | 23-01-2002 |
| | | | US 2002030418 A1 | 14-03-2002 |
| DE 19854306 | A | 08-06-2000 | DE 19854306 A1 | 08-06-2000 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter Aktenzeichen

PCT/DE 03/02172

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 F02D41/22 F02D41/20 F02M51/06 H01L41/04

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D F02M H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X | DE 199 58 406 A (BOSCH GMBH ROBERT) 7. Juni 2001 (2001-06-07) in der Anmeldung erwähnt | 1-4, 11-14 |
| Y | das ganze Dokument | 5-10 |
| Y | EP 1 139 445 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) | 5-10 |
| A | Zusammenfassung; Abbildung 2 Spalte 2, Zeile 46 -Spalte 6, Zeile 16 | |
| A | EP 1 138 905 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Oktober 2001 (2001-10-04) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildung 3 Spalte 1, Zeile 35 -Spalte 3, Zeile 31 | 1-14 |
| | --- -/-- | |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Oktober 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

27/10/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wettemann, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter Aktenzeichen
PCT/DE 03/02172

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A | DE 198 54 306 A (BOSCH GMBH ROBERT) 8. Juni 2000 (2000-06-08) Zusammenfassung; Abbildung 1 ----- | 1 |

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 03/02172

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------------------|
| DE 19958406 | A | 07-06-2001 | DE | 19958406 A1 | 07-06-2001 |
| | | | FR | 2802033 A1 | 08-06-2001 |
| | | | JP | 2001193546 A | 17-07-2001 |
| | | | US | 2001015577 A1 | 23-08-2001 |
| EP 1139445 | A | 04-10-2001 | EP | 1139445 A1 | 04-10-2001 |
| EP 1138905 | A | 04-10-2001 | EP | 1138905 A1 | 04-10-2001 |
| | | | JP | 2002021676 A | 23-01-2002 |
| | | | US | 2002030418 A1 | 14-03-2002 |
| DE 19854306 | A | 08-06-2000 | DE | 19854306 A1 | 08-06-2000 |